

Eficiencia de un tratamiento fisicoquímico en aguas residuales de una industria de productos lácteos

Efficiency of a physicochemical treatment process of industrial wastewater of a dairy industry

ÉDISON LEANDRO GARCÍA OSPINA¹ - JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS²

1. Ingeniero ambiental y sanitario. Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Ambiental de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Ingeniero civil. MEEE. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

leaogarcia@gmail.com. - jairo.romero@escuelaing.edu.co

Recibido: 18/01/2014 Aceptado: 15/02/2014

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

Resumen

En este artículo se compendian los resultados de eficiencia de remoción en DQO, DBO, SST y G y A en aguas residuales de una industria lechera, aplicando cuatro opciones de tratamiento fisicoquímico⁽¹⁾.

Palabras claves: aguas residuales industriales, tratamiento de aguas residuales, industria lechera.

Abstract

This paper does a review of removal efficiency achieved in COD, BOD, SST, Fats and Oils in industrial dairy wastewater applying four options of physicochemical treatment⁽¹⁾.

Keywords: industrial wastewater, dairy wastewater treatment, wastewater treatment.

INTRODUCCIÓN

La industria analizada produce queso y se cataloga como una empresa pequeña de lácteos, ubicada en la ciudad de Bogotá.

Las aguas residuales que descarga la industria al alcantarillado público de la ciudad no cumplen los requerimientos de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) en su Resolución 3957 de 2009⁽⁵⁾ (cuadro 1), por lo que se requiere un tratamiento eficiente y fácil de implementar^(6,7).

Cuadro 1
Caracterización del agua residual industrial sin tratamiento

Parámetro analizado	Unidad	Valor	Norma	¿Cumple?
GyA	mg/L	128	100	No
DBO ₅	mgO ₂ /L	2300	800	No
DQO	mgO ₂ /L	3926	1500	No
pH	Unidades	5,81	5 a 9	Sí
SAAM	mg/L	3,54	10	Sí
Temperatura	°C	20,7	30	Sí
Sólidos Sed.	mL/L-h	<2	2	Sí
SST	mg/L	441	600	Sí
Fenoles	mg/L	0,08	0,2	Sí

La caracterización (cuadro 1) indica la necesidad de remover materia orgánica para cumplir con la norma de vertimiento. Dadas las condiciones de espacio disponible y de facilidad de operación del tratamiento se escoge como opción de tratamiento un proceso fisicoquímico, aunque se reconoce que también es factible el tratamiento biológico.

OPCIONES DE TRATAMIENTO

La opción 1 de tratamiento consiste en aplicar un coagulante de origen vegetal llamado Tanfloc, con un polímero de alto peso molecular y posterior sedimentación. El Tanfloc es un polímero orgánico catiónico, de bajo peso molecular, de origen vegetal, producido por la empresa brasileña Tanac S.A., que actúa como coagulante - floculante y está disponible en forma líquida. La opción 2 de tratamiento incluye la aplicación de policloruro de aluminio (PAC), con un polímero de alto peso molecular y sedimentación. El policloruro de

aluminio ($Al(OH)_xCl_y$), se aplicó en forma líquida. La opción 3 de tratamiento incluye proceso de coagulación con Tanfloc y un polímero catiónico de alto peso molecular, seguido de floculación, sedimentación, filtración por tela filtrante y adsorción en carbón activado. La opción 4 de tratamiento es un proceso de oxidación avanzada (POA) mediante la aplicación de un oxidante y un catalizador, seguido de coagulación, floculación, sedimentación, filtración en grava y arena y adsorción en carbón activado. El reactivo oxidante fuerte utilizado es conocido como reactivo AQ-21, compuesto principalmente por peróxido de hidrógeno (H_2O_2), e hipoclorito (OCl^-), que puede usarse también como desinfectante, de estado líquido, soluble en agua. Como catalizador se aplicó el reactivo AQ-22, compuesto de hierro con una sal ácida de alto peso molecular, en estado líquido.

Los vertimientos de la industria lechera contienen altas concentraciones de grasas y aceites; sólidos suspendidos, coloidales y disueltos; de color lechoso, con turbiedad alta, materia orgánica suspendida y disuelta, que generalmente limitan la probabilidad de descargarlos directamente al alcantarillado municipal. En el tratamiento de las aguas residuales de la industria lechera se aplican, por tanto, tratamientos fisicoquímicos y biológicos, generalmente en combinación.

Los procesos de oxidación avanzada (POA) tienen gran potencial de aplicación en el tratamiento de aguas residuales industriales para aumentar la eficiencia en remoción de un proceso convencional. Los POA se fundamentan en la generación de un radical con alto poder oxidante, específicamente de radicales hidróxidos, para así poder oxidar compuestos orgánicos en productos finales como dióxido de carbono y agua⁽²⁾.

Entre los POA, el proceso Fenton (utilización de peróxido de hidrógeno y sales ferrosas) permite oxidar materia orgánica y eliminar color, y ha sido útil como pretratamiento de compuestos no biodegradables⁽³⁾. Para volúmenes o caudales pequeños el tratamiento con el proceso Fenton, por cochadas, puede ser ventajoso⁽⁴⁾.

RESULTADOS

A continuación se muestran el diagrama de flujo y los resultados de la opción 1 de tratamiento.

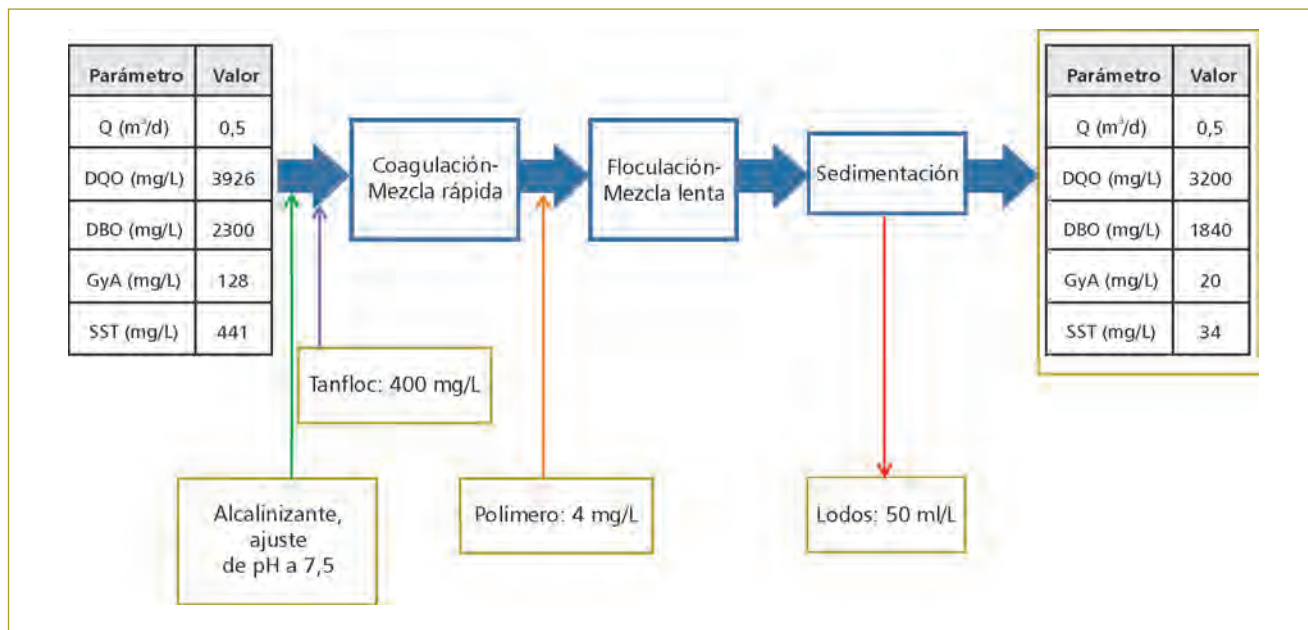


Figura 1. Diagrama de flujo del tratamiento con Tanfloc.

Como se puede observar, la opción 1, tratamiento con Tanfloc y polímero, no rinde lo necesario para cumplir la norma de vertimiento.

Seguidamente se ilustra el diagrama de flujo de la opción 2 de tratamiento (figura 2).

Como se puede apreciar, la opción 2, tratamiento con policloruro de aluminio y polímero, no satisface los requerimientos del tratamiento.

En la página siguiente se presenta el diagrama de flujo de la opción 3 de tratamiento (figura 3).

Como se observa en dicha figura, esta opción tampoco satisface los requerimientos del tratamiento.

También en la página que aparece a continuación se ilustra el diagrama de flujo del POA (figura 4).

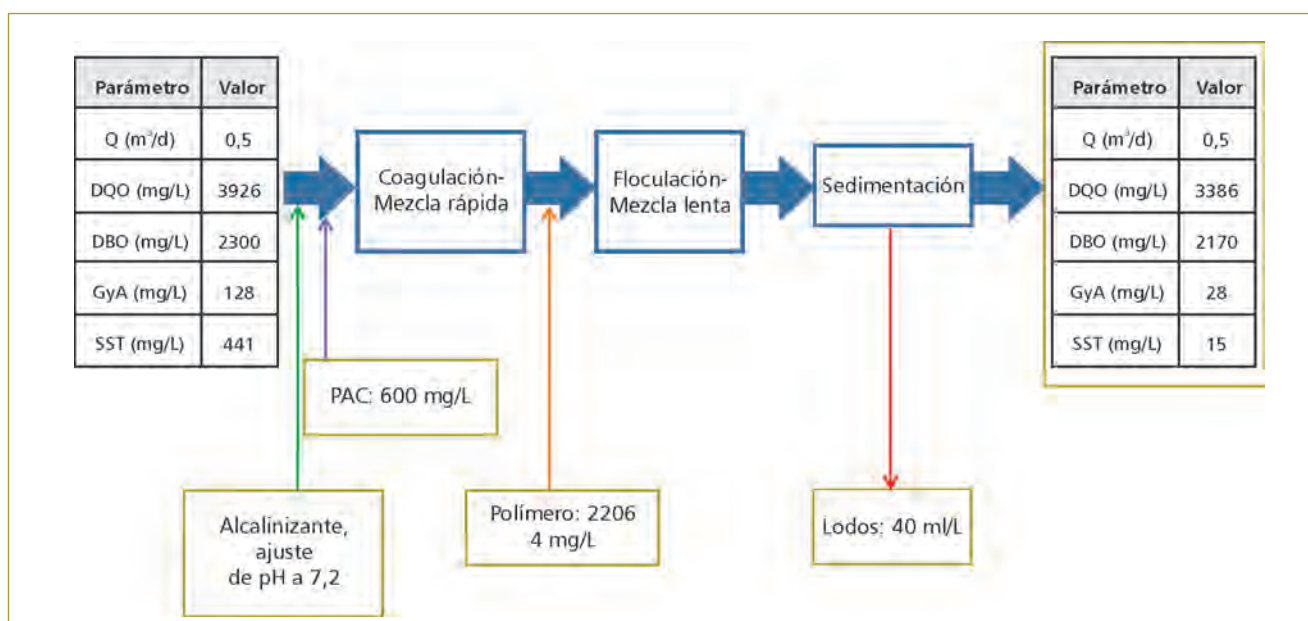


Figura 2. Diagrama de flujo del tratamiento con PAC y polímero.

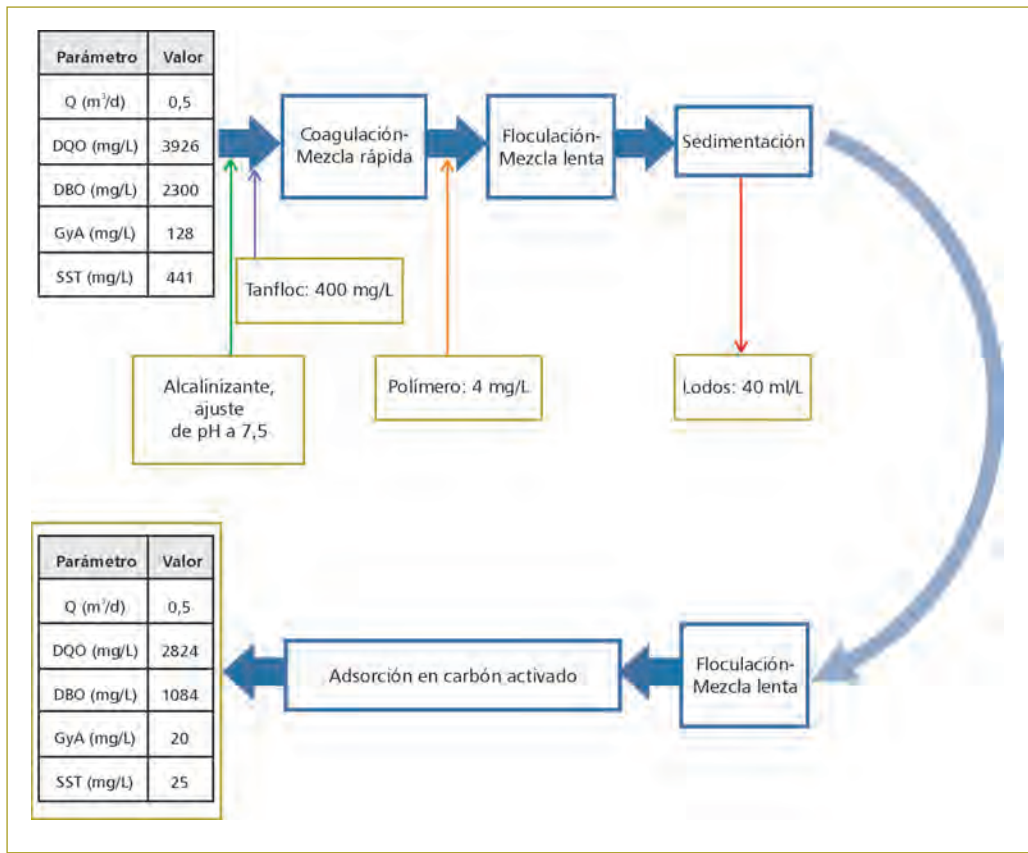


Figura 3. Diagrama de flujo del tratamiento con Tanfloc, polímero, filtración y adsorción en carbón activado.

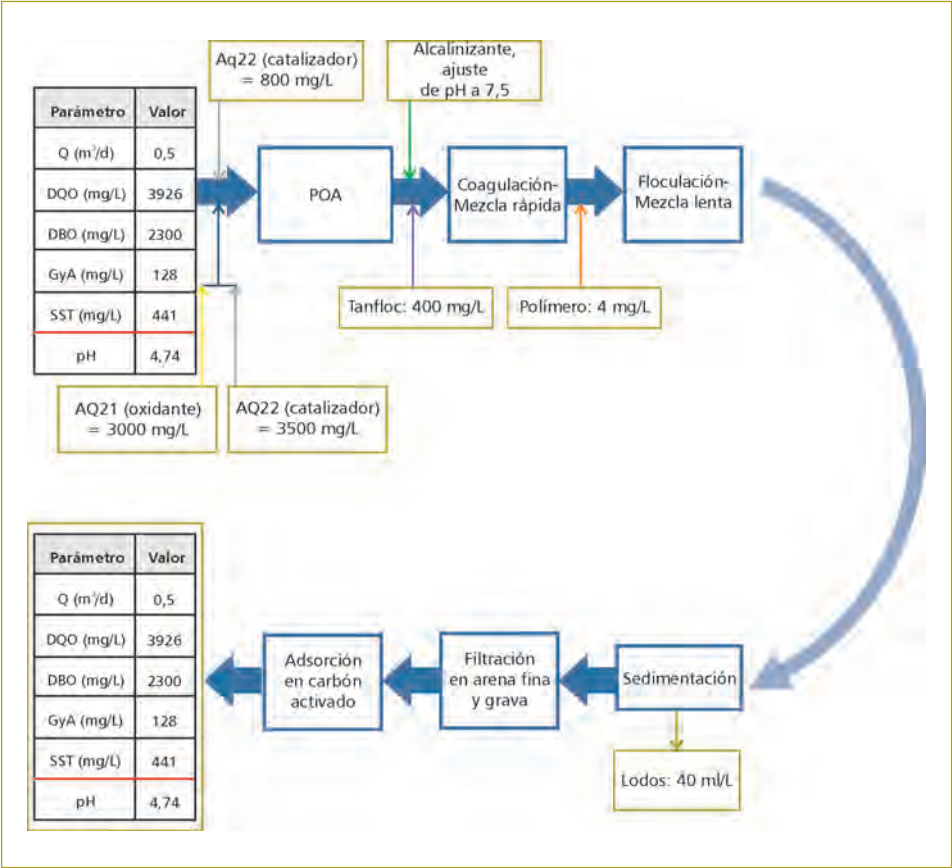


Figura 4. Diagrama de flujo del tratamiento con POA, coagulación, Tanfloc, sedimentación, filtración y adsorción.

Cuadro 2
Resultados del tratamiento fisicoquímico

Parámetro	Agua cruda	Opción 1 de tratamiento		Opción 2 de tratamiento	
		Valor (mg/L)	Eficiencia (%)	Valor (mg/L)	Eficiencia (%)
DQO	3926	3200	18,5	3386	13,8
DBO ₅	2300	1840	20	2170	5,7
GyA	128	20	84,4	28	78,1
SST	441	34	92,3	15	96,6

Parámetro	Agua cruda	Opción 3 de tratamiento		Opción 4 de tratamiento	
		Valor (mg/L)	Eficiencia (%)	Valor (mg/L)	Eficiencia (%)
DQO	3926	2824	28,1	1388,5	64,6
DBO ₅	2300	1084	52,9	539	76,6
GyA	128	20	84,4	6,5	94,9
SST	441	25	94,3	23	94,8

Como se observa en la figura anterior, el proceso con oxidación avanzada permitió obtener los requerimientos de tratamiento necesarios.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el cuadro 2 se presenta el resumen comparativo de los resultados obtenidos en las cuatro opciones de tratamiento ensayadas.

De esto se deduce que la única opción de tratamiento con la que se logra cumplir la norma de DQO es la 4 (POA), puesto que se alcanza una concentración de DQO del agua tratada menor de 1500 mg/L. Con las opciones de tratamiento 1, 2 y 3 los valores de la DQO están muy por encima de los 1500 mg/L, lo cual impide cumplir la norma de vertimiento.

Así mismo, se muestra que la opción 4 de tratamiento arroja la eficiencia de remoción más alta en DBO, cerca del 77 %, seguida de la opción 3 con un 53 %. La eficiencia en DBO de la opción 1 de tratamiento no supera el 20 % y la opción 2 remueve sólo 6 % de DBO.

Se establece claramente que sólo con la opción 4 de tratamiento se puede cumplir con la norma, puesto que el agua tratada con el POA muestra una DBO inferior a 800 mg/L.

Las cuatro opciones de tratamiento alcanzan eficiencias de remoción de SST similares, todas superiores al 92 %, y cumplen la norma para SST de 600 mg/L.

Las eficiencias de remoción en GyA son altas, sobresaliendo la eficiencia que se alcanzó con la opción 4 de tratamiento (94,9 %), seguida de las opciones 1 y 3 (84,4 %) y finalmente la opción 2 (78,1 %).

Las cuatro opciones de tratamiento cumplen la norma de vertimiento para grasas y aceites de 100 mg/L, siendo el mejor resultado la opción 4, con la que se obtiene una concentración inferior a 10 mg/L.

La implementación de un POA, seguido de un tratamiento con coagulación, sedimentación, filtración y absorción con carbón activado, es una opción de tratamiento eficiente para empresas de la industria láctea que generen bajos caudales intermitentes de aguas residuales. Para industrias que generen altos caudales de aguas residuales esta alternativa implica dosificaciones altas de reactivos, generando costos de operación importantes. En esos casos deben evaluarse, comparativamente, tratamientos biológicos.

PROCESO DE TRATAMIENTO

En la figura siguiente se ilustra el diagrama de flujo del proceso de tratamiento fisicoquímico propuesto (figura 5).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el tratamiento con Tanfloc y polímero (opción 1) se lograron eficiencias de remoción altas en SST (92,4

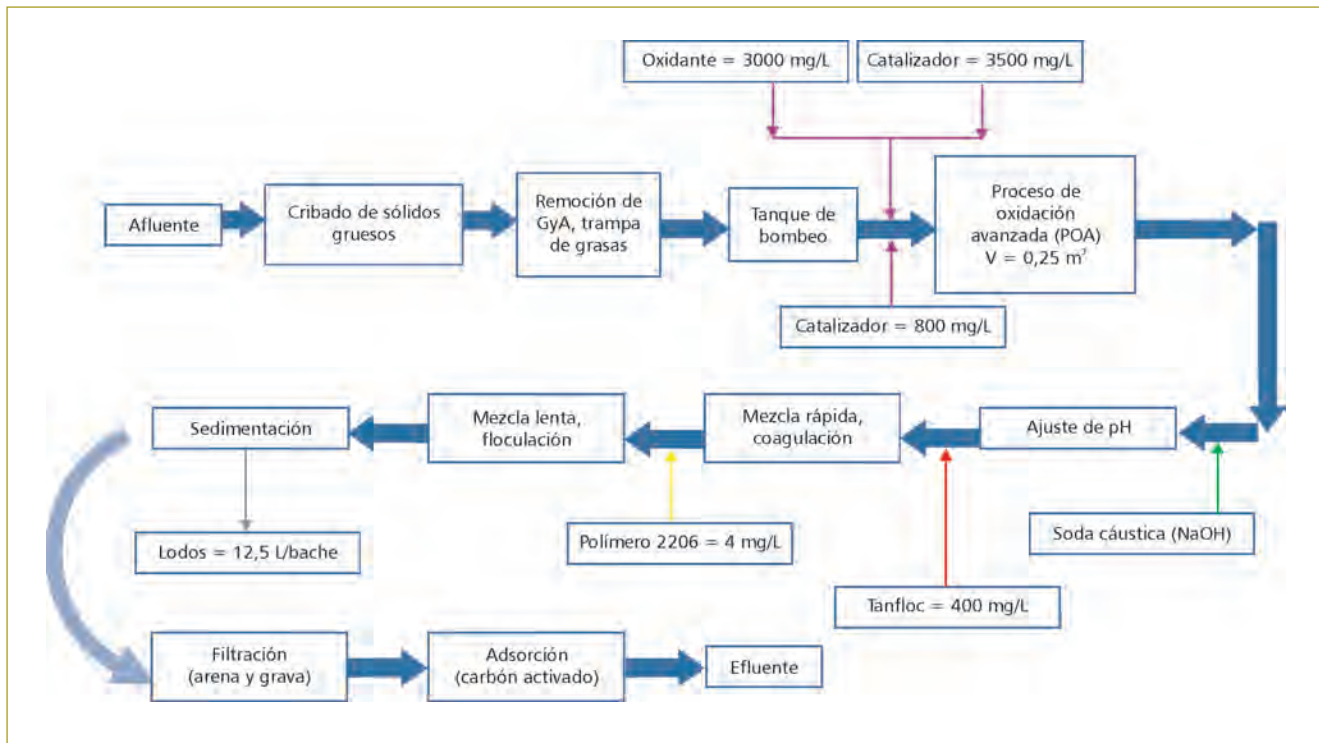


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento.

%) y GyA (84,4 %), suficientes para cumplir la norma de vertimientos; no obstante, las eficiencias de remoción en DQO (18,5 %) y DBO_5 (20 %) no permiten cumplir la norma de vertimientos.

El tratamiento con policloruro de aluminio y polímero (opción 2) exhibe eficiencias de remoción en DQO y DBO_5 muy bajas (del 13,8 y 5,7 %, respectivamente), e insuficientes para cumplir la norma de vertimiento. Sin embargo, las eficiencias de remoción en SST (96,6 %) y GyA (78,1 %) permiten cumplir la norma.

El tratamiento con Tanfloc y polímero más filtración y adsorción en carbón activado logra eficiencias de remoción en DQO del 28,1 % y DBO_5 del 52,9 %, insuficientes para cumplir la norma de vertimiento.

El proceso de oxidación avanzada (POA) permite obtener remociones suficientes para cumplir la norma de vertimiento, con eficiencias de DQO y DBO_5 del 64,6 y 76,6 %, respectivamente, y del 94,85 % en SST y 94,95 % en GyA.

- Se recomienda realizar ensayos adicionales de tratamiento con POA que permitan optimizar el proceso y visualizar la influencia de variables como el pH y las dosis de oxidante y de catalizador.

- El agua residual industrial cruda de la industria lechera analizada presentó la siguiente caracterización: DQO=3926 mg/L, DBO_5 = 2300 mg/L, SST = 441 mg/L y GyA = 128 mg/L.

REFERENCIAS

1. García Ospina, É.L. (2013). Eficiencia de un tratamiento físico-químico en aguas residuales de una industria de productos lácteos. Proyectos de grado. Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Ambiental. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
2. Bergendahl, J. & O'Shaughnessy, J. (2013). Applications of Advanced Oxidation for Wastewater Treatment. Disponible en <http://www.wpi.edu/Images/CMS/NEABC/wastewatersummary.pdf>. Consultado el 8 de agosto de 2013.
3. Domenech, X., Jardin, W. F. & Litter, M.I. (2013). Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. Disponible en <http://www.Cnea.gov.ar/xxi/ambiental/cyted/06cap01.pdf>. Consultado el 8 de agosto de 2013.
4. Martínez, E.C. & López, G.D. (2013). Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Instituto de Desarrollo y Diseño (Ingar). Tratamiento químico de contaminantes orgánicos. El proceso Fenton. Consultado el 8 de agosto de 2013.
5. Secretaría Distrital de Ambiente (2009). Resolución 3957 de 2009. Bogotá.
6. Informe de la caracterización de aguas residuales (2012). Laboratorio Ambientiq Ingenieros.
7. Informe de la caracterización de aguas residuales (2013). Ambientiq Ingenieros SAS.